SAZE118.COM

بسمه تعالی

گروه مهندسین دریان

سقف‌های پیش‌تنیده

saze118.cocm

REV		تهیه	بررسی	تأیید	تصویب	تاریخ انتشار	محل ضرب مهرهای تحت کنترل- منسوخ
۰۰	سقف‌های پیش‌تنیده	و.پاچیده		ا.ساعدی			
۰۱							
۰۲							
۰۳							

www daryan-co

تهران - سعادت آباد - خیابان ریاضی بخشایش - بن بست قائم - پلاک ۴ - طبقه چهارم

تلفن: ۷-۲۲۱۳۷۰۸۶ فکس: ۲۲۱۳۷۰۸۴

saze118.com

فهرست مطالب

مقدمه ۳

مباحث فنی پیش تنیدگی ۳

اصطلاحات روش پیش تنیدگی ۵

مزایای سیستم پیش تنیده ۶

زمینه های فنی و موارد استفاده از سیستم پیش تنیدگی ۹

روشهای پیش تنیدگی ۹

پیش کشیدگی ۹

پس کشیدگی ۱۰

روشهای اجرای سیستم پس کشیده ۱۱

الزامات فنی سقف بتنی پیش تنیده به روش پس کشیده ۱۲

روشهای وارد کردن نیروی پیش تنیدگی ۱۳

روش مکانیکی ۱۳

روش شیمیایی ۱۳

روش الکتریکی -حرارتی ۱۳

تجهیزات ایجاد تنیدگی در بتن ۱۳

مراحل اجرا ۱۸

قالب بندی ۱۸

آرماتور بندی ۱۸

نصب کابل ها و مهارهای انتهایی ۱۹

نصب *Chair*ها و تامین پروفیل کابل ها ۱۹

بتن ریزی ۲۰

عملیات کشش ۲۰

saze118.com

saze118.com

مقدمه

پیش تنیدگی عبارت است از ایجاد یک تنش ثابت و دائمی در یک عضو بتنی به نحو دلخواه و به اندازه لازم ، به طوری که در اثر این تنش ، مقداری از تنش های ناشی از بارهای مرده و زنده در این عضو خنثی شده و در نتیجه مقاومت باربری آن افزایش پیدا می کند.

بتن پیش تنیده، یکی از جدیدترین فرم های ساختمان است که وارد مهندسی سازه شده است. در قرن پیش چندین حق امتیاز انحصاری برای چند الگوی پیش تنیدگی متفاوت داده شده بود، ولی به علت استفاده از فولاد بامقاومت پایین ، اثرات طولانی مدت خزش و انقباض باعث کاهش نیروی پیش تنیدگی می شد و مزیت کاربرد بتن پیش تنیده را شدیداً کاهش می داد.

در ابتدای قرن بیستم یک مهندس فرانسوی بنام یوجین فریسینه با استفاده از برخورد منطقی با مساله، با استفاده از فولاد با مقاومت بالا توانست تکنیک پیش تنیدگی را با موفقیت به کار برد. از این زمان به بعد بتن پیش تنیده بعنوان یک روش ساخت قابل قبول مورد استفاده واقع شد و امروزه در بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در دسترس است.

بیشترین کاربردهای بتن پیش تنیده در زمینه سازه های ساختمانی به صورت تولید تیرها و دالها با تکیه گاه ساده می باشد، این تیرها معمولا در کارخانه ساخته می شوند تا کنترل کیفیت بهتر انجام گیرد ، در جایی که دهانه های بزرگ داشته باشیم ، معمولا تیرهای بتنی پیش تنیده در جا بکار می روند. در زمینه مهندسی پل، معرفی بتن پیش تنیده ساخت پل های بتنی با دهانه زیاد را عملی ساخته است. این پلها معمولالا از قطعات پیش ساخته تشکیل شده اند که با جرثقیل در ارتفاع موردنظر قرار گرفته اند و به کمک پیش تنیدگی به قطعات موجود متصل می شوند.

مباحث فنی پیش‌تنیدگی

کاربرد پیش تنیدگی به ۴۴۰ سال قبل از میلاد بر می گردد زمانی که یونانی ها کشش و تنشهای خمشی در بدنه کشتی های جنگی خود را با پیش تنیدگی ساختار بدنه به وسیله طناب ها ی کشیده شده کاهش می دادند. یک مثال دیگری که نشان گر سادگی پیش تنیدگی می باشد ، بشکه های چوبی قدیمی است که کشش ایجاد شده در حلقه های فلزی بطور موثری قطعات چوبی را به یکدیگر می فشارد تا مقاومت و پایداری آن را افزایش دهد.

saze118.com

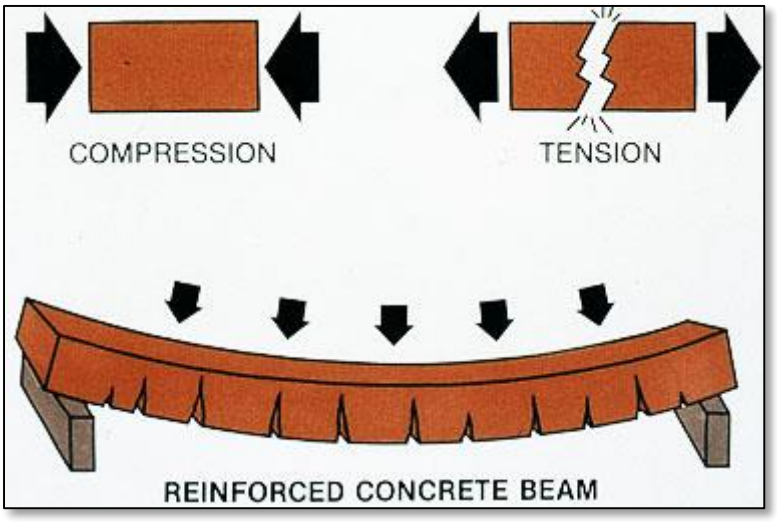
شکل ۱: مفهوم پیش تنیدگی براساس بشکه های چوبی

بطور ساده بتن پیش تنیده را می توان بعنوان بتن پیش فشرده تعریف نمود، بدین معنی که قبل از آنکه عضو بتنی تحت تاثیر بارهای بهره برداری قرار گیرد به آن تنش فشاری وارد می شود. این تنش در محل هایی از عضو بتنی وارد می شود که اگر بدان تنش فشاری اعمال نمی شد، تحت بارهای بهره برداری تنش کششی بوجود می آمد.

از دیدگاه کلی پیش تنیدگی به معنای ایجاد تنش های دائمی مخالف با تنش هایی می باشد که در اثر بارهای خدمت در سازه ایجاد خواهند شد. همانطور که میدانیم بتن در فشار بسیار قوی ولی در کشش ضعیف عمل می نماید بطوریکه یک تنش کششی اندک می تواند باعث ترک خوردگی مقطع بتنی شود. عموما از میلگردهای فولادی در بتن بعنوان آرماتورکششی استفاده می شود تا مقدار ترک خوردگی را محدود نماید. برای روشن تر شدن موضوع یک تیر بتنی مورد بررسی قرار می‌گیرد:

در یک تیر بتنی معمولی (غیر پیش تنیده) که تحت بار ثقلی قرار دارد به واسطه خمش ایجاد شده در آن، پائین مقطع (زیر تار خنثی) به کشش افتاده و در بالا فشار ایجاد می گردد. لذا از آنجا که بتن در کشش ضعیف می باشد پس از ترک خوردن بتن در مقابل تنش های کششی، فولاد موجود در زیر تار خنثی به کشش می افتد. این امر ممکن است حتی تحت اثر وزن خود تیر نیز اتفاق بیافتد.

saze118.com



شکل ۲: رفتار تیر ساده بتنی

در سیستم پیش تنیده بجای آرماتورهای معمولی از یکسری کابل (تاندون) های با مقاومت کششی بالا استفاده می شود.که این کابل ها تحت کشش زیادی قرار گرفته و در دو انتهای تیر توسط گره های مخصوص تثبیت می گردند. بدین ترتیب کابل های پیش کشیده پس از رها شدن از کشش تمایل به جمع شدن و رسیدن به حالت اولیه داشته و لذا یک نیروی فشاری زیادی در قسمت زیرین تار خنثی در بتن ایجاد میگردد که به تبع این نیرو در مقابل نیروی کششی که بواسطه بارهای ثقلی در بتن ایجاد می گردد قرار می گیرد. بنا براین این کابل ها مقداری از نیروهای ناشی از بارهای ثقلی را خنثی نموده و مقطع قابلیت پذیرش بارهای بیشتری را خواهد داشت.

اصطلاحات روش پیش تنیدگی

Stress: تنش ، فشار- فشار های ناشی از بار گذاری یا پیش تنیدگی در مقطع بتن

Tension: کشش - کشش هیدرولیکی کابل یا میل گرد های دارای مقاومت بالا که توسط گیره های مخصوص بصورت نیروی فشاری به مقطع بتن منتقل میشود.

Pre stress: پیش تنش ، پیش تنیدن - حالت کلی خنثی کردن قسمتی از تنش های کششی بتن با اعمال فشار به یکی از دو روش زیر:

Pre Tension: پیش کشیده

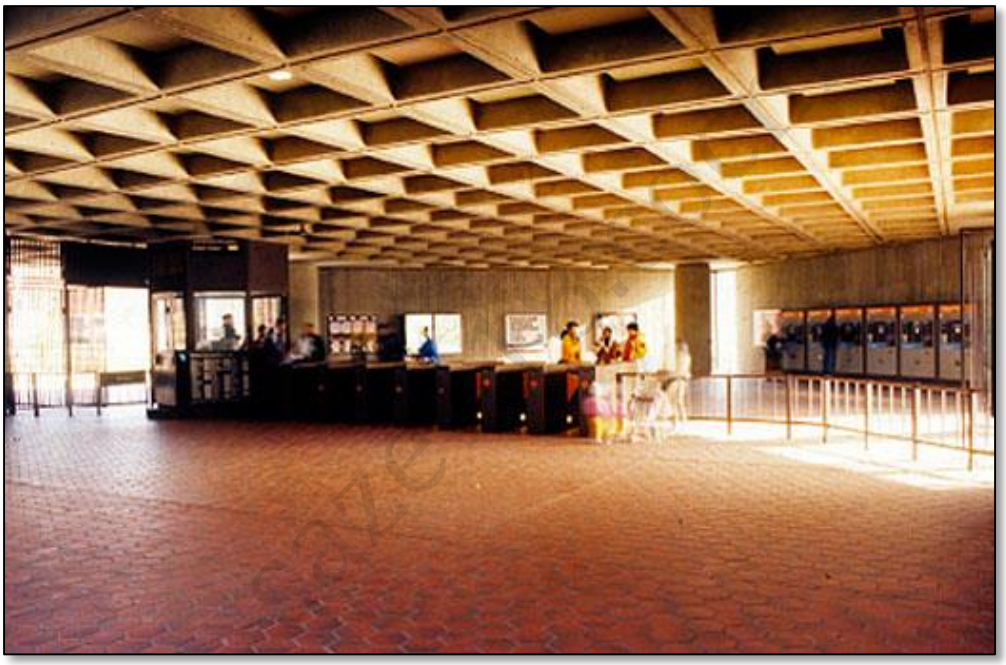
متداول ترین نوع پیش تنیدگی که عموما کارخانه ساز است و بتن مسلحی است که میله های تقویت کننده اش از قبل تحت کشش قرار گرفته و بعد از رها شدن بتن را تحت فشار قرار میدهند. به نام بتن پیش تنیده پیش ساخته یا بتن پیش تنیده پیش کشیده هم شناخته میشود (*Prestress Pre tension*یا *Prestress Precast*).

SAZE118.COM

Post Tension: پس کشیده

مزایای سیستم پیش تنیده

دهانه بزرگتر: با استفاده از تکنولوژی پیش تنیدگی امکان ایجاد دهانه های بزرگ تر در سازه وجود دارد. محدودیت هایی که روش های دیگر در پوشاندن دهانه های بزرگ با آن مواجه هستند در این سیستم کمتر است. این مزیت قابلیت های گسترده تری را در اختیار طرح معماری قرارمی دهد و همچنین امکان استفاده مناسب تری از فضا را ایجاد می کند.



شکل ۳: امکان ایجاد دهانه های بزرگ و بدون ستون

ضخامت دال کمتر: با توجه به تحت فشار بودن بتن و وجود انحنا در کابل ها،امکان پوشاندن دهانه با ضخامت کمتر نسبت به دال های بتن آرمه معمولی و یا سایر سیستم هایرایج فراهم می گردد.

حذف تیرها: از آنجایی که در این سیستم امکان حذف تیرها و آویزها وجود دارد،می توان سطح زیرین تخت را در اختیار طرح معماری قرار داد. در نتیجه عبور کانال های تاسیساتی با سهولت امکان پذیر می باشد. به علاوه،تیغه بندی و پارتیشن بندی نیز بدون محدودیت قابل اجرا است.

کنترل ترک و دوام بیشتر: نیروی پیش تنیدگی باعث اعمال فشار دائمی به دال های پیش تنیده می گردد و سقف ها همواره تحت فشار خواهند بود. لذا ترک های موجود در این سیستم به حداقل می رسد. کاهش

saze118.com

ترک،باعث افزایش مقطع موثرمی شود. در حالیکه در اعضای بتن آرمه معمولی به واسطه ترک خوردگی،مقطع موثر بتن تحت بارهای بهره برداری کاهش می یابد. به علاوه،کاهش ترک،مانع نفوذ مواد خورنده به بتن شده و خوردگی فولاد کمتر می شود. به عبارت دیگر دوام سازه افزایش می یابد.

افزایش سرعت اجرا: با توجه به حذف تیرهای میانی و آرماتوربندی دال ها،زمان اجرای یک سقف پیش تنیده بسیار کمتر از یک دال بتنی معمولی خواهد بود. عدم وجود تیرها،سرعت اجرای قالب بندی را نیز افزایش می دهد و از طرف دیگر بعد از اجرای عملیات کشش،سقف بدون وجود قالب و شمع بندی،خودایستا خواهد بود و می توان قالب ها را در مدت زمان کوتاه تری باز کرد. به صورت عمومی،زمان اجرای یک دال پیش تنیده حدود ۳۰٪ سریع تر می باشد.

ارتفاع کمتر کف تا کف و کاهش ارتفاع کل ساختمان: با توجه به کاهش ضخامت دال و حذف آویز تیرها،می توان اتفاع کف تا کف طبقات را کاهش داد. این امر باعث کاهش ارتفاع ساختمان و کاهش مصالح مصرفی در ستون،دیوار تیغه بندی و غیره می گردد. همچنین در ارتفاع ثابت می توان از تعداد طبقات بیشتری استفاده کرد. این امر به خصوص در ساختمان های بلندمرتبه که با توجه به قوانین موجود محدودیت ارتفاع دارند،حائز اهمیت است.

امکان ستون گذاری نامنظم: برخلاف سازه های بتنی معمولی که ستون گذاری معمولاً از آکس بندی منظم پیروی می کند،در این سیستم،امکان ستون گذاری به صورت نامنظم وجود دارد که در طرح های معماری حائز اهمیت است.

امکان ایجاد بازشوهای بزرگ و نامنظم در سقف: با توجه به انعطاف پذیری کابل ها،امکان ایجاد بازشوهای بزرگ و نامنظم روی سقف وجود دارد. در این سیستم نیاز به تعبیه تیر اطراف بازشوها نمی باشد.

کاهش وزن ساختمان: با توجه به کاهش ضخامت دال و حذف تیرها،وزن کلی ساختمان نیز کاهش می یابد. این امر باعث کم شدن ابعاد و اندازه سایر اجزای سازه ای خواهد شد.

بهبود عملکرد لرزه ای: سیستم دال بتنی نسبت به سایر سیستم های پوشش سقف دیافراگم یکپارچه تری تشکیل می دهد که باعث بهبود عملکرد لرزه ای ساختمان می گردد. به علاوه،تحقیقات مختلف در این زمینه نشان می دهد دال های پس کشیده با روش نچسبیده نسبت به دال های بتن آرمه عملکرد مناسب تری هنگام وقوع زلزله داشته اند.

saze118.com

کاهش هزینه ها: کاهش ضخامت دال،کاهش تعداد ستون ها،حذف تیرها و غیره باعث صرفه جویی قابل توجهی در بتن و فولاد مصرفی خواهد شد. به علاوه،کاهش عملیات قالب بندی و آرماتوربندی نیز باعث کاهش هزینه های اجرایی می گردد. سرعت اجرای بیشتر نیز کاهش هزینه تجهیزات و نیروی انسانی را در پی خواهد داشت. روی هم رفته ساختمان هایی که در آنها از این سیستم استفاده می شود حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد نسبت به ساختمان های بتن آرمه ارزان تر خواهند بود.

جدول(۱) خلاصه ای از مزایای این سیستم را از جنبه‌های مختلف نشان می دهد.

جدول ۱: مزایای مختلف سیستم پیش تنیدگی

مزایای معماری	*مزایای سازه ای*	*مزایای اقتصادی*
○ ایجاد سهولت و انعطاف پذیری در طراحی پلان و نما ○ امکان ایجاد دهانه های بلندتر و وجود ستون های کمتر در سازه ○ کاهش ارتفاع طبقات و کل ساختمان ○ امکان ایجاد کنسول های بلندتر ○ افزایش فضای مفید بهره برداری در سازه ○ ایجاد فضای مناسب برای تامین پارکینگ های بیشتر ○ حذف آویز تیرها و امکان استفاده از سقف کاملاً مسطح ○ قابلیت استفاده در پلان های نامنظم و منحنی شکل ○ امکان ایجاد بازشو های بزرگتر در سقف ○ قابلیت استفاده از ستونهای خارج از محور ○ قابلیت بیشتر عبور لوله ها و ادوات تاسیساتی	○ استفاده حداکثر و بهینه از ظرفیت مصالح بتنی و کابل ها ○ کاهش ارتفاع تیرها و ضخامت دال های بتنی ○ باربری بیشتر عضو پیش تنیده با هندسه مشابه نسبت به بتن مسلح ○ کاهش وزن مرده ساختمان و مصالح مصرفی ○ ایمنی بالاتر سقف یکپارچه بتنی در زلزله ○ امکان ساخت قطعات سبک تر بتنی پیش ساخته ○ کنترل خیز و تغییر شکل ها در سازه ○ کنترل ترک خوردگی در سازه ○ کاهش ارتعاش ناشی از بارهای ضربه ای و دینامیکی ○ افزایش دوام بتن	○ کاهش قابل ملاحظه در مقدار آرماتور و بتن مصرفی ○ کاهش قابل ملاحظه در زمان و هزینه نیروی انسانی بواسطه کاهش مقدار مصالح ○ کاهش هزینه تمامی آیتم های ارتفاعی نازک کاری بدلیل کاهش ارتفاع سازه ○ امکان ایجاد طبقات بیشتر تحت یک ارتفاع مجاز ○ کاهش فوق العاده در زمان ساخت و ساز ○ افزایش طول عمر مفید سازه ○ افزایش سود دهی پروژه های ساختمانی بواسطه افزایش تعداد پارکینگ ها ○ امکان احداث پروژه های تجاری با معماری خاص جهت جذب مشتری

saze118.com

زمینه های فنی و موارد استفاده از سیستم پیش تنیدگی

۱- **دال های بتنی پیش تنیده به روش پس کشیده:** این دال ها با اجرای درجا امکان پوشش دهانه‌های بزرگتر باتعداد ستون و ضخامت دال کمتر و قالب بندی ساده تر ، باعث کاهش وزن و ارتفاع ساختمان، صرفه جویی در هزینه ساخت، سرعت بالا تر و امکانات بیشتر طراحی معماری می شود.

۲- **طراحی و اجرای پلها:** بیش از ۵۰ درصد سازه پلها درسراسر جهان با استفاده از تکنولوژی بتن پیش تنیده طراحی واجرامی شود .استفاده از این سیستم باتوجه به مزایای فنی، اقتصادی و زیبایی شناسی توسط متخصصین، طراحان و مجریان پل سازی همواره توصیه می گردد.

۳- **طراحی و اجرای مخازن، سیلوها و پوسته ها:** استفاده از بتن پیش تنیده در این سازه ها با تاندونهای حلقوی افقی و عمودی باعث کاهش قابل ملا حظه هزینه های ساخت، زمان اجرا، مصرف فولاد و بتن، کارایی بیشتر سازه، حذف ترک ها و آب بندی در مخازن می شود.

۴- **مهار خاک:** نگهداری دیواره های خاکی و پایدار سازی آنها بخصوص در گودبرداری ها نیاز به روشهای ارزان و ایمن دارد که بهره گیری از روش پیش تنیدگی پاسخ مناسبی به این نیازها می باشد.

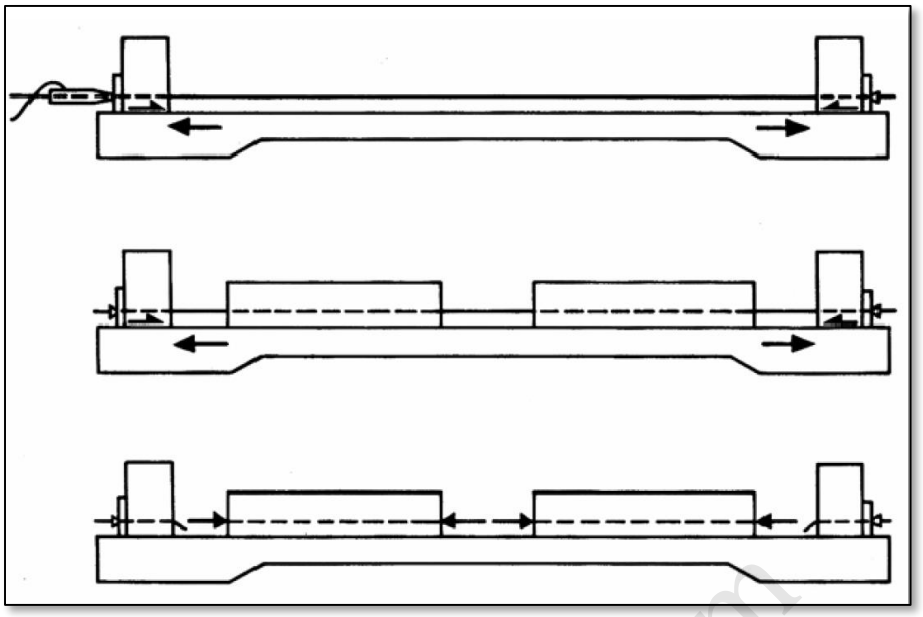
روشهای پیش تنیدگی

پیش کشیدگی

در این روش، تاندونهای فولادی به شکل وایر یا مفتول بین دو گیره انتهایی کشیده می شوند و اعضای بتنی در اطراف این تاندونها ریخته می شوند.هنگامیکه بتن به اندازه کافی سخت شد ، گیره های انتهایی آزاد می شوند و در نتیجه نیروی پیش تنیدگی در اثر پیوستگی موجود بین فولاد و بتن ، به بتن منتقل می شود .سپس انتهای بیرون زده تاندونها بریده می شود تا سطح انتهایی بتن به صورت صاف باشد.

saze118.com

saze118.com



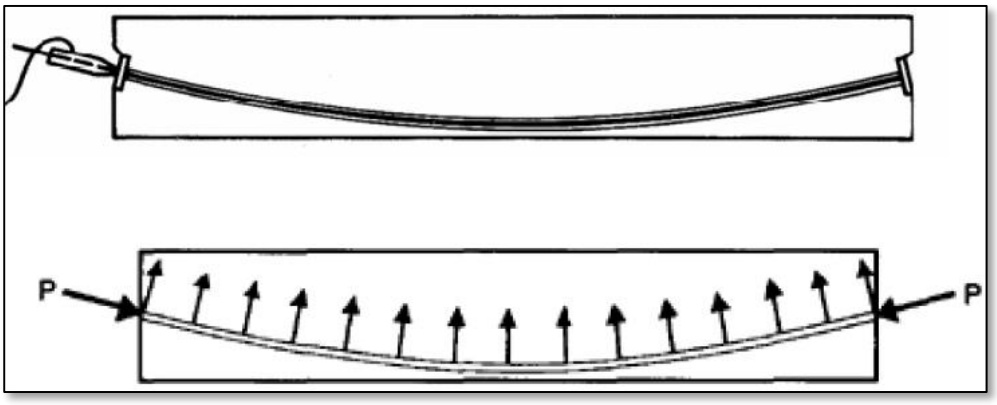
شکل ٤: پیش کشیدگی

پس کشیدگی

در این حالت نیروی پیش تنیدگی بدین ترتیب اعمال می شود که تاندونهای فولادی به وسیله جکهایی کشیده می شوند به قسمی که عکس العمل این جکها به یک عضو بتنی که قبلا ریخته شده وارد می شود .تقریبا تمامی پیش تنیدگی درجا با استفاده از این روش انجام می شود . تاندونها از داخل غلافهایی که قبلا در عضو بتن تعبیه شده اند عبور داده می شوند. در اکثر کاربردهای بتن پس کشیده ، فضای بین تاندون و غلاف با دوغاب سیمان تحت فشار تزریق می شود،این عمل از تاندونها در مقابل زنگ زدگی محافظت می کند و نیز باعث بهبود ظرفیت مقاومت نهایی عضو می شود.

یک تفاوت مهم بین سیستم های پیش کشیدگی و پس کشیدگی این است که در حالت پس کشیدگی براحتی می‌توان از تاندونهای منحنی استفاده نمود. برای این کار غلافهای انعطاف پذیر را به شکل منحنی در عضو کار می گذاریم و بتن ریزی در اطراف آنها انجام می شود.

saze118.com



شکل ۵: پس کشیدگی

روشهای اجرای سیستم پس کشیده :

در زمینه اجرای سیستم پس کشیده دو روش جهت ساخت بکار می رود :

۱- سیستم چسبیده *Bonded*

۲- سیستم غیر چسبیده *Unbonded*

سیستم چسبیده : با این روش کابل های پس کشیده از میان غلاف های تخت ممتد وکوچک از جنس گالوانیزه عبور می کند که داخل غلاف ها پس از بتن ریزی وکشیده شدن کابل ها با دوغاب پر می شود.

سیستم غیر چسبیده : در این سیستم کابل با دوغاب تزریق نمی شود و می تواند آزادانه و مستقل از بتن حرکت کند. اغلب کابل ها در یک غلاف محافظ با گریس پوشانده شده اند . پس از بتن ریزی وکسب مقاومت فشاری مشخص کابل بسادگی و با استفاده از یک جک دستی کوچک کشیده می شود که این عمل عملیات پس کشیدگی را تکمیل میکند.

مقایسه‌ی سیستم غیرچسبیده و چسبیده:

- سهولت بیشتر در حمل و نصب در سیستم غیرچسبیده
- عدم احتیج به تزریق و دوغاب در سیستم غیرچسبیده
- در صورت اجرای صحیح، هر دو سیستم دوام خوبی را تأمین می کنند.
- در سیستم چسبیده قابلیت تعویض و تعمیر کابل ها میسر نمی باشد. اما در سیستم غیرچسبیده، این امکان وجود دارد.
- انعطاف پذیری در سازه هایی که با سیستم چسبیده اجرا شده اند، بسیار آسان است، در حالی که در سیستم غیرچسبیده به روش های خاص نیاز دارد.

saze118.com

- تخریب سازه هایی که با سیستم چسبیده اجرا شده‌اند، بسیار آسان می باشد، لکن در سیستم غیرچسبیده نیاز به مراقبت های ویژه در حین تخریب دارد.

در شکل های زیر مراحل اجرای سقف پس کشیده به روش غیرچسبنده نشان داده شده است.

الزامات فنی سقف بتنی پیش تنیده به روش پس کشیده

۱- نظر به اینکه سیستم سقف بتنی پیش تنیده پس کشیده عمدتاً بصورت دال تخت کاربرد دارد، لذا بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ ایران ، در زمان استفاده از سیستم دالهای تخت و ستون ، ارتفاع ساختمان به ۱۰ متر یا حداکثر ۳ طبقه محدود می شود.در غیر اینصورت استفاده از دیوار های برشی بتن آرمه الزامی خواهد بود.

۲- استفاده از این سیستم با توجه به بند *1* فوق در کلیه پهنه های لرزه خیزی ایران بلامانع است.

۳- ضوابط طراحی و اجرای سیستم سقف بتنی پیش تنیده پس کشیده باید براساس آئین نامه *ACI-318* و آئین نامه طرح و محاسبهٔ قطعات بتن پیش تنیده موضوع نشریه شماره ۲۵۰ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور که بخش الحاقی آیین نامه بتن ایران (آبا) می باشد ، انجام شود.

۴- رعایت حداقل ردهٔ بتن مصرفی معادل (*C30*) در این سیستم الزامی است.

۵- محافظت فولالاد های پیش تنیدگی در برابر زنگ زدگی بسیار حائز اهمیت بوده و باید کابل ها توسط دوغاب سیمان که بعد از کشیدن کابل ها به داخل غلاف ها تزریق می شود و یا مواد قیری یا گریس که روی آن می مالند از زنگ زدگی محافظت شوند.

۶- برای رسیدن به یک طرح بهینه از لحاظ مقدار مصالح ، وزن و هزینه ، باید طراحی و اجرای دال به گونه ای انجام شود که پیشتنیدگی کامل حاصل گردد و بتوان از کل مقطع در فشار بهره جست.

۷- کنترل نیروی کشش کابل ها باید توسط جکهای کالیبره شده دقیق انجام شود.

۸- توجه به مسئله افت دراعضای پیش تنیده پس کشیده بسیار حائز اهمیت بوده و محاسبه و پیش بینی مقدار افت ناشی از موارد زیر باید دقیقاً مورد توجه قرار گیرد:

- نیروی پس کشیدگی به جهت اصطکاک بین کابل و غلاف
- افت به دلیل لغزش مهار انتهایی و فرو رفتن گوه گیرداری در ابتدا و انتهای کابل
- افت به جهت شل شدگی فولاد

۹- تخریب این سیستم سقف به دلیل وجود میلگردهای پیش تنیده بسیار پر خطر بوده و باید با روش های خاص توسط تیم فنی آموزش دیده، صورت گیرد.

۱۰-استفاده از سیستم سقف دال های تخت پیش تنیده پس کشیده ، در دهانه های بلندتر از ۷ متر توجیه اقتصادی دارد.

saze118.com

۱۱-مقاومت گسیختگی تضمین شده ، انواع فولادهای پیش تنیدگی باید بین ۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ نیوتن بر میلی متر مربع باشد.

روشهای وارد کردن نیروی پیش تنیدگی

روش مکانیکی

شاید ساده ترین روش فشرده ساختن یک تیر ، به وسیله یک یا دو جک در مقابل دو تکیه گاه می باشد . این روش در بعضی از پروژه ها ی بزرگ به کار می رود .در بعضی از پروژه ها پس از فشرده ساختن تیر به وسیله جک با قراردادن پلیت بین تیر و تکیه گاه جلوی برگشت تیر را به حالت اولیه گرفته، سپس جک ها را آزاد می کنند.اشکال اساسی این روش ها این است که کوچکترین تغییر شکل و یا حرکت تکیه گاه به نحو قابل ملاحظه ای نیروی پیش تنیدگی را کاهش می دهد.

روش شیمیایی

در این روش نیروی پیش تنیدگی در اثر استفاده از سیمان های منبسط شونده بوجود می آید. این سیمانها بر خلاف سیمانهای معمولی در موقع گرفتن و سخت شدن به جای منقبض شدن منبسط می گردند. و چون وجود کابلها در داخل بتن جلوی این انبساط طول را می گیرد در نتیجه مقداری نیروی فشاری در تیر ایجاد می شود.

روش الکتریکی -حرارتی

در این روش با وصل کردن جریان برق به کابلها باعث ازدیاد طول کابلها شده، سپس کابلها را توسط گیره هائی در همان حال کشیده به تکیه گاه وصل می کنند .پس از قطع کردن جریان و سرد شدن کابلها ، دور آنها را بتن ریزی می کنند و بعد از اینکه مقاومت بتن به حد لازم رسید کابل های کشیده شده را از تیکه گاه آزاد می کنند ، و در نتیجه نیروی کشیده شدن کابلها به بتن منتقل می گردد .روش پیش تنیدگی حرارتی به طور وسیعی برای ساختن دالها ، تیرها ، خرپاها و ستونهای چراغ برق مورد استفاده قرار می گیرد.

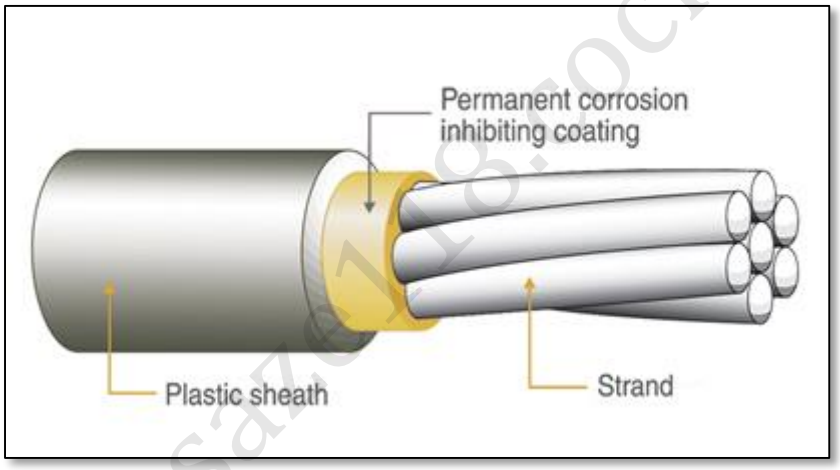
تجهیزات ایجاد تنیدگی در بتن

کابل: در حال حاضر مرسوم ترین شکل برای استفاده از فولاد پیش تنیدگی، کابلهای پیش تنیدگی هفت رشته ای است. این کابلها مطابق استاندارد آمرکایی *ASTM A416* در دو رده ۲۵۰ و ۲۷۰ استفاده می شوند.

saze118.com

مقاومت نهایی کابلهای رده ۲۵۰ برابر ۱۷۲۵۰و رده ۲۷۰ برابر ۱۸۶۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. کابلهای پیش تنیدگی در دو دسته تنش زدایی (*Stress Relieved*) شده و با وادادگی کم (*Low Relaxation or Lowlax*) تولید می شوند. کابلهای با وادادگی کم پس از کشش و در دراز مدن افت کمتری دارند. در حال حاضر این کابلها بصورت معمول در کارها استفاده می شوند و کابلهای تنش زدایی شده صرفاً در موارد خاص کاربرد دارند.

مطابق استاندارد آمریکایی کابلهای رده ۲۵۰ در شش سایز ۶/۳۵، ۷/۹۴، ۹/۵۳، ۱۱/۱۱، ۱۲/۷۰ و ۱۵/۲۴ و کابلهای رده ۲۷۰ در چهار سایز ۹/۵۳، ۱۱/۱۱، ۱۲/۷۰ و ۱۵/۲۴ تولید می شوند. بصورت معمول یک دسته کابل می تواند از تا ۵۰ رشته کابل داشته باشد. کابلهای پیش تنیدگی با جکهای هیدرولیکی کشیده شده و توسط گوه های فولادی در مهارهای انتهایی، گرفته می شوند.

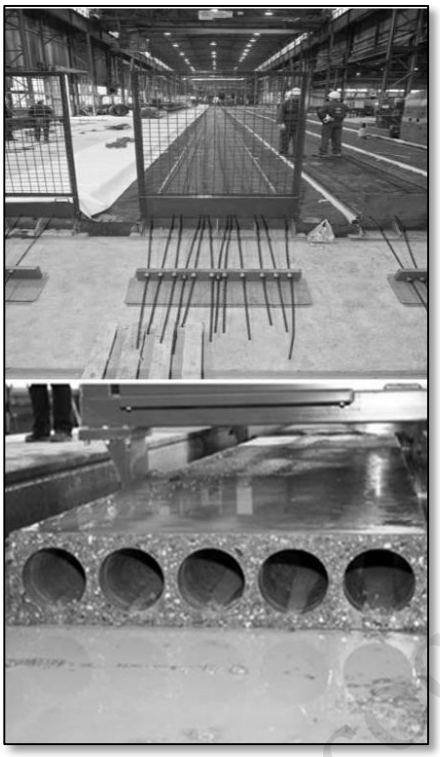


شکل ٦: کابل پیش‌تنیدگی

میلگرد: میلگردهای پیش تنیدگی مطابق استاندارد آمریکایی *ASTM A722* در رده ۱۵۰ با مقاومت نهایی ۱۰۳۵ کیلوگرم در هر سانتیمتر مربع تولید می شوند. این میلگردها در دو نوع تیپ *I* و تیپ *II* بصورت ساده و آجدار موجود هستند. میلگردهای تیپ *I* در شش سایز ۱۹، ۲۲، ۲۵، ۲۹، ۳۲ و ۳۵ میلیمتری استفاده می شوند. میلگردهای تیپ *II* نیز در سایزهای ۱۵، ۲۰، ۲۶، ۳۲، ۳۶، ۴۰ و ۶۵ میلیمتری با شکل آجهای مختلف مورد استفاده هستند. میلگردهای پیش تنیدگی نیز مشابه کابلها و سیمهای پیش تنیدگی بوسیله جکهای هیدرولیکی کشیده شده و به صفحات مهاری انتهایی و مهره مهار می شوند.

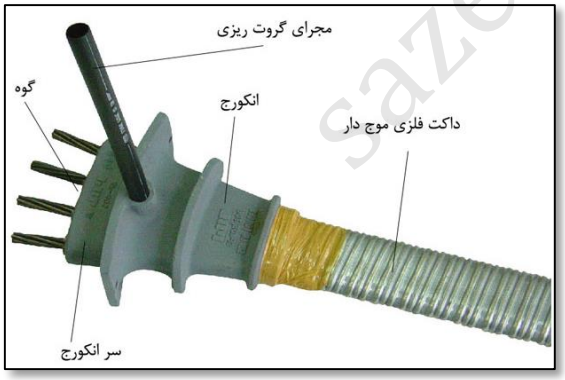
گیره: در سیستم های پس کشیده، برای نگهداری تاندون‌ها، از گیره های خاصی برای قراردادن تاندون‌ها در حالت کشش استفاده می‌شود. این عمل تا کسب مقاومت کافی برای بتن ادامه می‌یابد. در سیستم‌های پس-کشیده نیز از گیره استفاده می‌شود که جزئیات گیره‌ها در شکل‌های زیر نشان داده شده است.

saze118.com



شکل ۷: گیره پیش تنیدگی در دال‌های مجوف

شکل ۸: جزئیات گیره در سیستم غیرچسبنده

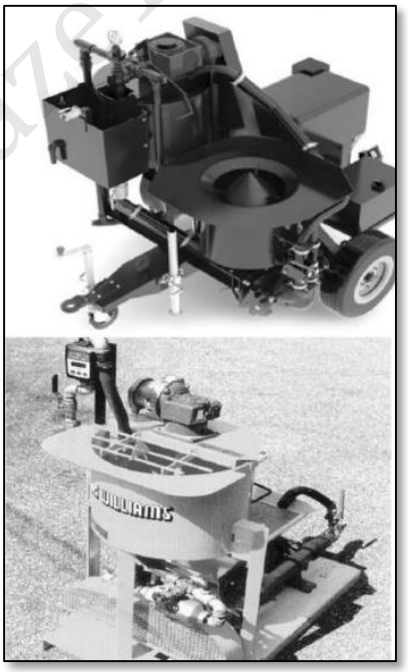


شکل ۹: جزئیات گیره در سیستم چسبنده

saze118.com

شکل ۱۰: نمونه ای گیره در سیستم چسبنده

دستگاه تزریق گروت: از دیگر وسائل و تجهیزات مورد استفاده در پیش‌تنیدگی، دستگاه تزریق گروت برای نوع پس کشیده چسبنده است.

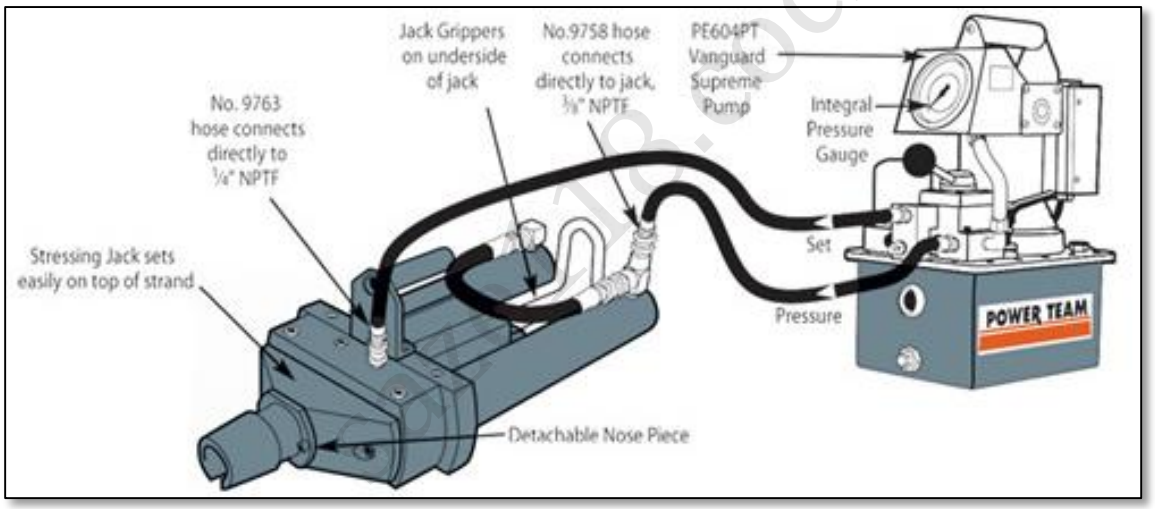


شکل ۱۱: نمونه ای از دستگاه تزریق گروت

SAZE118.COM

جک و پمپ: در سیستم های پس کشیده و پیش کشیده برای کشش فولاد پیش تنیده از جک و پمپ استفاده می شود. در قطعات پس کشیده جک ها به روی بتن سخت شده قرار می گیرند تا با استفاده از عکس العمل ایجاد شده فولاد را تحت کشش قرار دهند. در سیستم های پیش کشیده جک ها روی قالب یا دیواره دور قالب قرار گرفته و به آنها تکیه می کنند. به علت سادگی در نحوه ی استفاده، جک های هیدرولیکی کاربرد بیشتری نسبت به جک های دستی یا جک های برقی دارند. معمولاً از جک های دستی زمانی استفاده می شود که مقدار کمی نیروی پیش تنیدگی مورد نیاز است.

جک ها معمولاً از یک یا دو پیستون تشکیل شده که به یک پمپ هیدرولیکی و شیر کنترل کننده متصل شده اند. بازوها دارای ظرفیت های متفاوتی در محدوده ۳ الی ۱۰۰۰ تن هستند.



شکل ۱۲: جک و پمپ ایجاد کشش

saze118.com

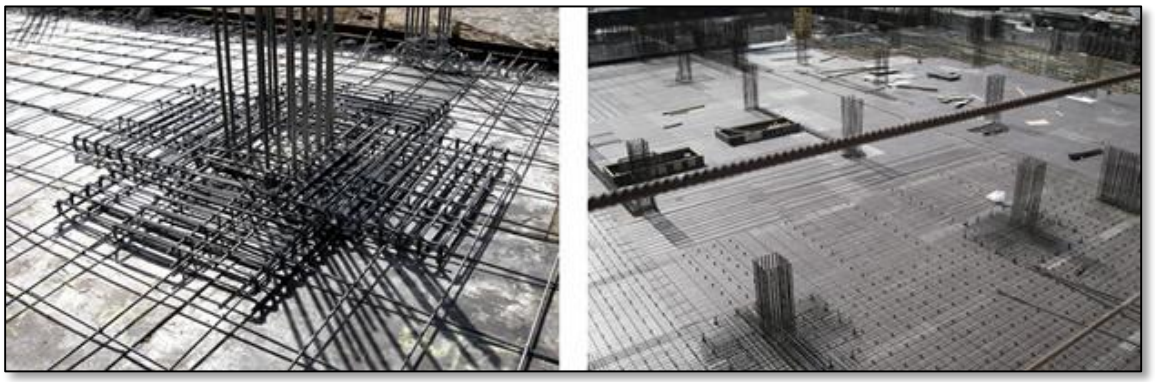
مراحل اجرا

قالب بندی

قالب بندی سقف مشابه دال بتنی معمولی(بتن آرمه)،انجام می شود. قالب ها می تواند از جنس چوب،فلز یا پلای وود (*plywood*) باشد. از آنجایی که عموماً دال های ساختمانی در این روش به صورت تخت در نظر گرفته می شود،لذا سرعت عملیات قالب بندی نسبت به سایر سیستم های بتنی افزایش می یابد.

آرماتور بندی

حجم آرماتوربندی دال های پیش تنیده در مقایسه با دال بتن آرمه بسیار کمتر است. آرماتور مورد نیاز شامل کلاف های کناری،آرماتورهای تقویتی روی ستون ها و دیوارها،آرماتورهای مربوط به برش پانچ،اطراف بازشوها و ... ، در این مرحله روی سقف نصب می شوند. عملاً آرماتوربندی به صورت شبکه فوقانی و تحتانی در این روش وجود ندارد.



saze118.com

نصب کابل ها و مهارهای انتهایی

با توجه به نقشه های اجرایی, کابل ها روی قالب قرار گرفته و مهارهای انتهایی به لبه قالب متصل می شوند. معمولاً کابل ها در دو جهت عمود برهم روی سقف قرار می گیرند. تعداد و فاصله کابل ها تابع طول دهانه و بارگذاری می باشند. در حالت معمول, در یک جهت, کابل ها به صورت متمرکز روی نوارهای ستونی قرار می گیرند (*Tendons Banded*) و در جهت دیگر با فاصله های یکنواخت حدود ۱/۵۰ متری توزیع می گردند (*Tendons Distributed*).

نصب *Chair*ها و تامین پروفیل کابل ها

همانطور که در ابتدا اشاره شد, برای استفاده بهینه از پیش تنیدگی, موقعیت کابل نسبت به تار خنثی مقطع در طول مسیر تغییر می کند. معمولاً روی نقطه تکیه گاهی کابل ها به تار فوقانی, و در وسط دهانه به تار تحتانی نزدیک می شوند. به این انحنا در اصطلاح پروفیل (*profile*) می گویند. جهت تامین این پروفیل, *chair*هایی در اندازه های متفاوت با فاصله های مشخص قرار داده می شوند و کابل روی آنها قرار می گیرد. به این ترتیب پروفیل مورد نظر تامین می گردد.

saze118.com

بتن ریزی

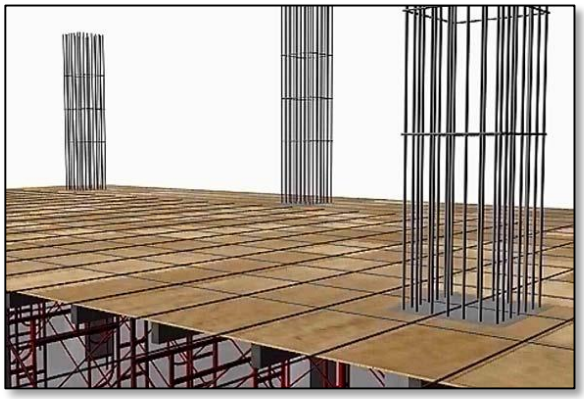
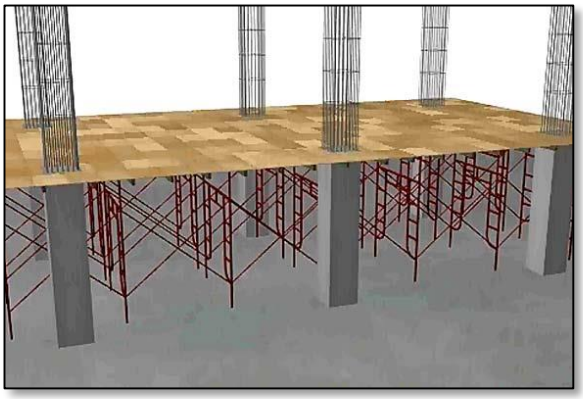
بعد از بستن آرماتورها و قرارگیری کابل ها روی سقف, بتن ریزی انجام می شود. در این مرحله باید در مورد ویبره زدن اطراف مهارهای انتهایی دقت لازم صورت گیرد.

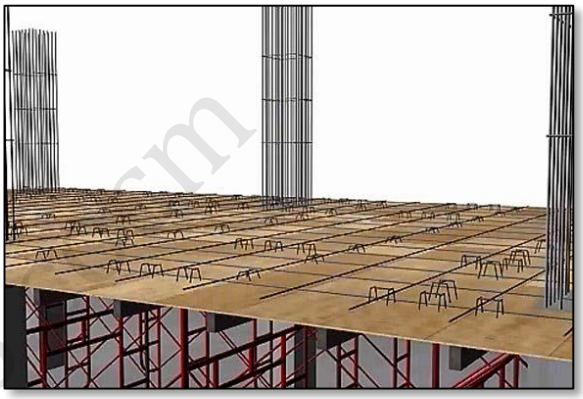
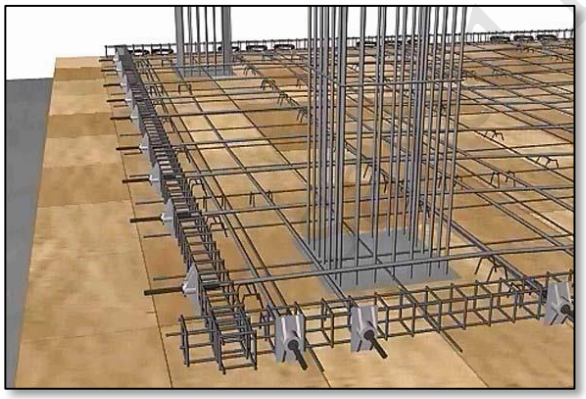
عملیات کشش

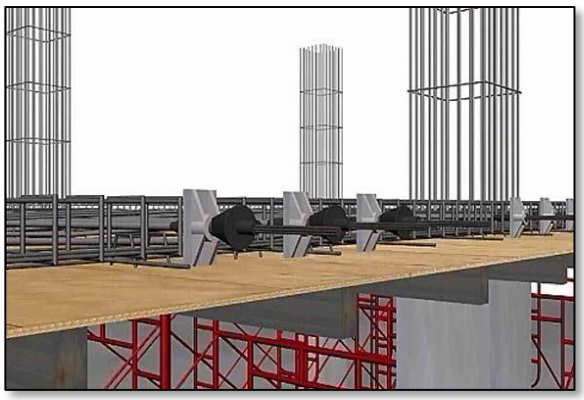
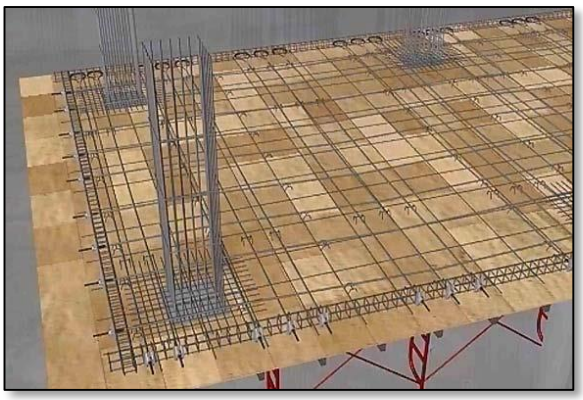
بعد از اینکه بتن به مقاومت فشاری مورد نیاز رسید, می توان عملیات کشش کابل ها را آغاز نمود. هر کابل از یک طرف یا هر طرف کشیده می شود. میزان افزایش طول هر کابل با توجه به طول و پروفیل آن محاسبه شده و پس از کشش نیز اندازه گیری می شود. بدین ترتیب صحت اجرای عملیات کنترل می گردد.

SAZE118.COM

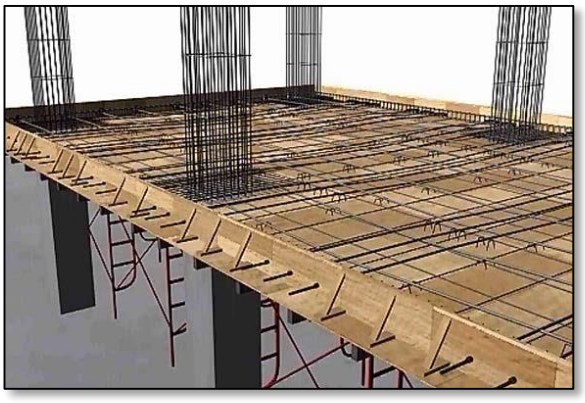
شکل ۱۳: مراحل اجرای سقف پس کشیده به روش غیرچسبنده

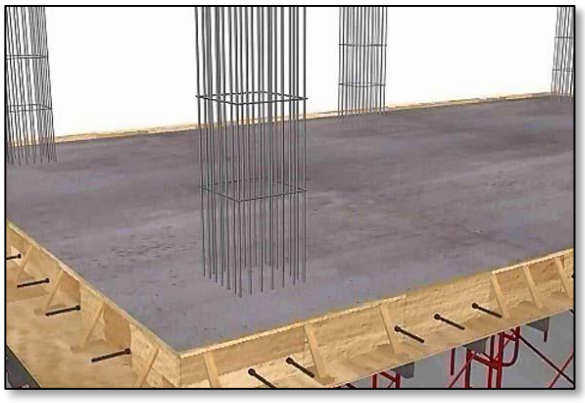



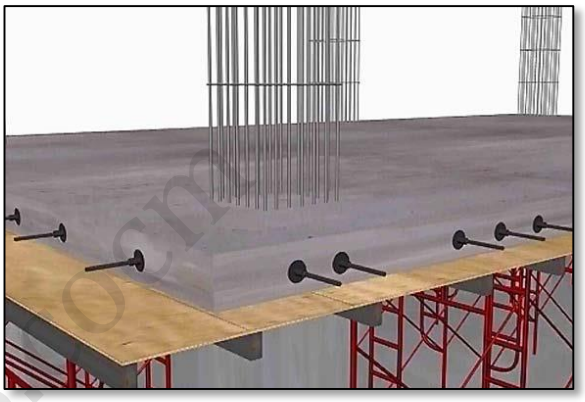



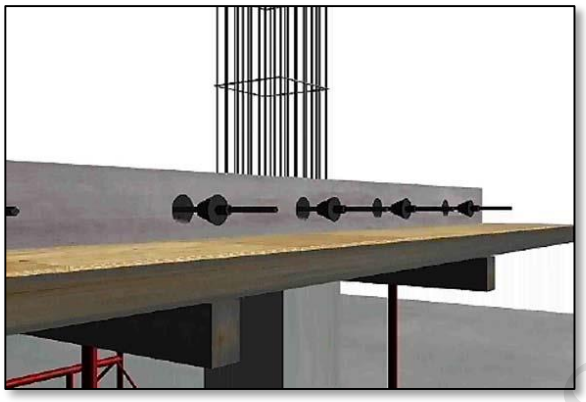



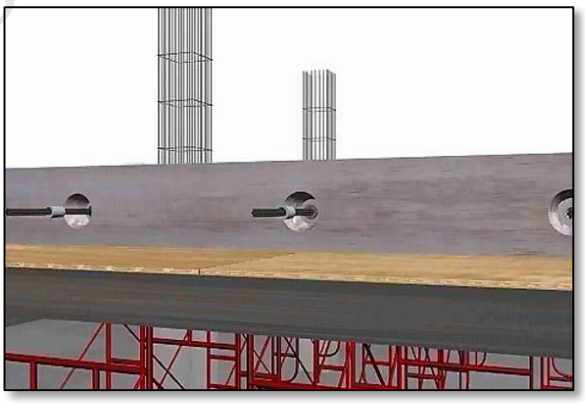
SAZE118.COM

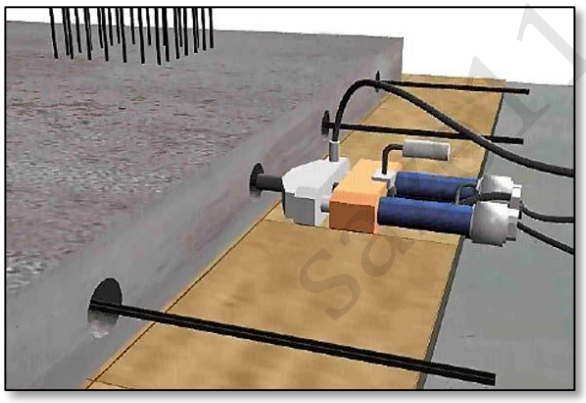












Saze118.com